

武蔵野大学学術機関リポジトリ Musashino University Academic Institutional Repository

水銀排出規制におけるBATベースのアプローチ 水俣条約、産業排出指令(EU)、大気浄化法(USEPA)

著者	横山 隆壽
著者(英)	Yokoyama Takahisa
雑誌名	武蔵野大学環境研究所紀要
号	9
ページ	28-43
発行年	2020-03-01
URL	http://id.nii.ac.jp/1419/00001101/

水銀排出規制における BAT ベースのアプローチ—水俣条約、産業排出指令(EU)、大気浄化法(USEPA)

BAT - based approaches for regulating mercury emission in Minamata Convention,
Industrial Emissions Directive (EU) and Clean Air Act (USEPA)

横 山 隆 壽*
Takahisa Yokoyama

1. はじめに

水銀に関する水俣条約(以下では水俣条約)は 2013 年に熊本市で開催された外交会議(全権委任会合)で採択され、2017 年 8 月 16 日に発効した⁽¹⁾。水俣条約は水銀のライフサイクル(供給、使用、廃棄、回収、再利用、非意図的大気排出/水・土壌排出)から排出される水銀のマスフローを最小化して人の健康及び生態系の水銀曝露によるリスク回避を主たる目的とする。

水俣条約は、UNECE(国連欧州経済委員会) 1988 年重金属の越境輸送に関する議定書(2012 年改正。以下、重金属議定書)の上に築かれている⁽²⁾。例えば、この議定書で対象としている産業の固定発生源は水俣条約の附属書 D (List of point sources of emissions of mercury and mercury compounds to the atmosphere) の排出源に反映されている。この議定書は様々な産業排出源から 3 種類の重金属(カドミウム、鉛、水銀)の大気排出量を低減することを目標としており、その大きな柱となっているのが BAT(Best Available Techniques 利用可能な最良の技術(水俣条約で用いられている環境省訳語))であり、別途 BAT に関するガイダンスも作成されている⁽³⁾。この議定書における BAT の定義は EU の IED(Industrial Emissions Directive 産業排出指令)⁽⁴⁾における定義と全く同じであり、かつ、後述する BAT の評価基準もほとんど同じであることから、水俣条約における BAT の考え方には EU の IED の影響も示唆される。

水俣条約においても産業排出源からの水銀排出抑制対策の柱の一つが BAT であり、関連するのは第 8 条(大気)及び 9 条(土壌、水への放出)である。本編では水銀が広域に大気輸送される地球規模の汚染物質であることから、特に、第 8 条に着目する。なお、そこでは BAT とともに BEP(環境のための最良の慣行(環境省訳語))の適用の規定も含まれているが、BAT のみを対象とする。

わが国では水俣条約の国内法化の過程において、水俣条約の第 8 条に関わる水銀の大気排出基準の設定に関連して、中環審において BAT が議論されたが、排出基準の設定に関わる法的な位置づけ等は明確ではなかった⁽⁵⁾。BAT に関してはわが国の環境政策等において一部散見されるものの、なお、発展途上である^{(6),(7),(8)}。わが国では、BAT を要求するような技術ベースの排出基準設定の概念的基礎も希薄で、排出基準設定における BAT の関わりについてシステムナティックな法的手順が定められているわけではない。また、BAT に関する公式の技術資料は十分整備されておらず、環境汚染防止政策における BAT の法的位置づけは定義されていないのが現状である⁽⁹⁾。

* 工学部非常勤講師(環境システム学科)

そのため、ここでは水俣条約の成立に影響のあった重金属議定書と関わりの深い EU の IED 及び 1990 年代から技術ベースの排出規制を導入している USEPA(米国環境保護庁)の CAA(Clean Air Act 大気浄化法)に着目して、BAT の法的位置づけの現状をまとめ、わが国の将来の技術ベースの排出基準設定の概念的基礎に資する。特に水銀の大気への排出削減対策に関わる BAT に着目する。

2. 水俣条約における BAT

水俣条約では第 8 条に水銀の大気排出削減の手段として「BAT の適用」を含む規定がなされている(第 8 条第 8 項)。第 8 条において BAT は COP1(締約国第 1 回会議)においてガイダンスを作成することが要求され、ガイダンスがすでに 2017 年に採択されている⁽¹⁰⁾。以下で水俣条約に関わる BAT の規定を整理する。

2.1 水俣条約における BAT の定義

BAT は条約の中で以下のように定義されている(第 2 条(b)(i)~(iii))。以下では環境省正訳を引用した。文章中の(*)印は原文では「a given」である⁽¹¹⁾。

- ・「利用可能な最良の技術」とは、一の(*)締約国又は当該締約国の領域にある一の(*)設備に対する経済的及び技術的考慮を払いつつ、水銀の大気への排出並びに水及び土壌への放出並びにそれらの環境に対する影響を全般的に防止し、又はこれが実行可能でない場合には、そのような排出及び放出を削減するための最も効果的な技術をいう。
- ・「最良」とは、環境全体の保護を全般的に高い水準で達成するに当たり最も効果的であることをいう。
- ・「利用可能な」技術とは、一の(*)締約国及び当該締約国の領域にある一の(*)設備に関し、当該締約国の領域内で使用されるか否か又は開発されるか否かを問わず、当該設備の操業者が利用可能であると当該締約国が認めることを条件として、費用及び効果を考慮して、経済的及び技術的に実行可能な条件の下で、関係する産業分野において実施することのできる規模で開発される技術をいう。
- ・「技術」とは、使用される技術、操業上の慣行並びに設備が設計され、建設され、維持され、操作され、及び廃止される方法をいう。

[EU IED における BAT の定義との類似性]

水俣条約における BAT の定義と EU IED (以下 IED) における BAT の定義には共通点が多い。両者を比較して、表 1 に示す。表では容易に比較できるように原文のまま引用し、類似点には下線を付した。「Best Available Techniques」の比較では若干異なる用語がみられるが、「Best」、「Available」及び「Techniques」についてはそれぞれ IED(これは UNECE 重金属議定書の定義と同じ)における定義とほぼ同様であり、水俣条約の BAT の用語の定義には IED が反映されていることがわかる。

「Best Available Techniques」における両者の相違点は、IED では表中文章を太字で示したように、「the practical suitability of particular techniques for providing the basis for emission limit values and other permit conditions(BAT が排出限界値及び他の許可条件のベースを提供するにふさわしい)」記述があり、BAT と排出基準値との法的かわりを示してい

ることである。水俣条約の定義の中にはこの関わりを示す記述は見当たらない。しかし、水俣条約第 8 条第 4 項には「A Party may use emission limit values that are consistent with the application of best available techniques(締約国・機関は BAT の適用に調和する排出限界値を用いることができる)」との記述があり、BAT ベースの排出限界値の設定の含みが示唆されている。

表 1 水俣条約と EU IED における「Best Available Techniques」の比較

	水俣条約 第 2 条	EU IED 第 3 条第(10)項
Best Available Techniques	those techniques that are <u>the most effective to prevent and, where that is not practicable, to reduce emissions and releases of mercury to air, water and land and the impact of such emissions and releases on the environment as a whole</u> , taking into account economic and technical considerations for a given Party or a given facility within the territory of that Party.	<u>the most effective</u> and advanced stage in the development of activities and their methods of operation which indicates the practical suitability of particular techniques for providing the basis for emission limit values and other permit conditions designed to prevent and, <u>where that is not practicable, to reduce emissions and the impact on the environment as a whole</u>
Best	<u>most effective in achieving a high general level of protection of the environment as a whole</u>	<u>most effective in achieving a high general level of protection of the environment as a whole</u>
Available	in respect of a given Party and a given facility within the territory of that Party, those techniques <u>developed on a scale that allows implementation in a relevant industrial sector under economically and technically viable conditions, taking into consideration the costs and benefits, whether or not those techniques are used or developed within the territory of that Party, provided that they are accessible to the operator</u> of the facility as determined by that Party	those <u>developed on a scale which allows implementation in the relevant industrial sector, under economically and technically viable conditions, taking into consideration the costs and advantages, whether or not the techniques are used or produced inside the Member State in question, as long as they are reasonably accessible to the operator</u>
Techniques	<u>technologies used, operational practices and the ways in which installations are designed, built, maintained, operated and decommissioned</u>	<u>both the technology used and the way in which the installation is designed, built, maintained, operated and decommissioned</u>

2.2 水俣条約における BAT の法的位置づけ

2.1.1 第 8 条における BAT の適用に関する規定

第 8 条は、既設及び新設の附属書 D に示された 5 種類の水銀排出施設(石炭火力発電所、石炭燃焼産業用ボイラ、非鉄金属製造用精錬及び焙焼プロセス、廃棄物燃焼施設、セメントクリンカ生産施設)を対象として、BAT の適用を含む排出抑制・削減手段により全水銀の大気排出抑制・削減を義務付けるものである。

排出抑制・削減手段の規定は、表 2 に示すように新設と既設では異なっているが、新設及び既設両者ともに BAT の適用が規定されている。新設では、主たる排出削減手段は BAT の適用であり、また、BAT の適用と適合する排出限界値の使用の可能性も規定されている。一方、既設の場合には、複数の抑制・削減手段が示されており、BAT の適用は排出削減手段の選択肢の一つとなっている。新設の場合のように BAT の適用と排出限界値との関係について記述はない。

表 2 排出抑制手段の相違 - 新設 vs 既設 -

新設の場合(第 8 条第 4 項)	既設の場合(第 8 条第 5 項)
<ul style="list-style-type: none"> ・ BAT 及び BEP の適用の義務(条約発効後 5 年位階) ・ BAT の適用に適合した排出限界値の使用。 	<p>次に掲げる手段のうちのひとつまたはそれ以上を国家計画に含め、実施する義務。(国情、手段の経済的・技術的可能性を考慮し、できるだけ速く、条約発効後 10 年以内)</p> <ul style="list-style-type: none"> (a) 排出抑制(controlling)・削減(reducing)のための定量的目標 (b) 排出抑制・削減のための排出許容値 (c) BAT 及び BEP の適用 (d) 水銀抑制に相乗便益効果のある複数汚染物質抑制戦略 (e) 排出削減の代替手段

2.1.2 BAT の要件

BAT の要件は COP1 (第 1 回締約国会合) でガイダンスを採択するときに考慮すべき事項として以下の 2 点が示されているだけである(第 8 条第 8 項(a))。

①新設及び既設の相違点

②クロスメディア(複数の環境媒体にまたがる)への影響を最小限にする必要性

なお、ガイダンスには、BAT に加えて、「第 8 条第 5 項に規定する措置の実施、特に目標の決定及び排出限度値の設定に際して締約国に対する支援」を含める旨が明示されている(第 8 条第 8 項(b))。

2.1.3 BAT に関するガイダンス

水銀条約第 8 条の要求に従って BAT に関するガイダンスは 2017 年に開催された COP1 で採択された⁽¹⁰⁾。このガイダンスの目次は表 3 とおりである。

表 3 BAT に関するガイダンス(決議 UNEP/MC/COP.1/7)⁽⁹⁾の構成概要

Annex I	Draft decision MC-1/[XX]: Guidance in relation to mercury emissions
Annex II	Draft guidance on best available techniques and best environmental practices taking into account any difference between new and existing sources and the need to minimize cross-media effects
	Chapter I Introduction
	Chapter II Common techniques
	Chapter III Monitoring
	Chapter IV Coal-fired power plants and coal-fired industrial boilers Guidance on Best Available Techniques and Best Environmental Practices to Control Mercury Emissions from Coal-fired Power Plants and Coal-fired Industrial Boilers
	Chapter V Smelting and roasting processes used in the production of non-ferrous metals (lead, zinc, copper and industrial gold as specified in Annex D to the Convention). Non-ferrous metal smelting subgroup (copper, gold, lead and zinc)
	Chapter VI Waste incineration facilities
	Chapter VII Cement clinker production facilities
	Appendix A Emerging techniques
Annex III	Guidance on support for parties in implementing the measures set out in paragraph 5 of article 8, in particular in determining goals and in setting emission limit values

BAT に関する中心的記述は Annex II の Chapter I ~ VII であり、水銀条約附属書 D に示す 5 つの対象施設に関する BAT の各論は Chapter IV ~ VII の個々の章に記述されている。Annex II は 2019 年に独立した冊子として刊行されている^(10 bis)。

なお、このガイダンスの中で「Annex II Chapter II (Common techniques)」の集塵器の性能

特性に関する記述の一部には重金属類議定書のガイダンス^⑨の一部が引用されている。

[ガイダンスにおける BAT の決定方法]

ガイダンスにはどのようなプロセスで BAT を決めるかが記述され、以下の表 4 に示すように 5 つの手順としてまとめられている。

表 4 BAT の選択・実施に際して考慮すべき事項(UNEP/MC/COP.1/7 Annex II Chapter I より抜粋・仮訳)

ステップ 1	[排出源及び関連情報整備] 発生源または発生源区分に関する情報整備(プロセス、インプット原料、原材料または燃料; 全体を通しての実際あるいは推定活動レベル; その他関連情報(施設の予想耐用年数、他の汚染物質抑制に関する要件または計画))
ステップ 2	[あらゆる種類の排出抑制技術及び組合せ技術のオプションの特定] 共通技術及び個々の排出源区分に関する本ガイダンス各章に記述されている技術を含め、発生源に関連する排出抑制技術及びその組合せ技術のあらゆる種類のオプションを明らかにする。
ステップ 3	[技術的に可能な抑制オプションの特定] こうした情報の中で、産業部門内の施設のタイプに適用可能な技術、及びある技術の選択に影響する可能性のある物理的限界に配慮し、技術的に可能な抑制オプションを明らかにする。
ステップ 4	[最も効果的な抑制技術の選択] こうして、このガイダンスに記述されている性能レベルを考慮し、水銀の排出抑制、かつ、可能なら排出削減、加えて、高度の人健康及び環境総体の保護のために最も効果的な抑制技術の選択をする。
ステップ 5	[経済的・技術的・操業上可能なオプションの決定] コスト及び便益並びに施設の操業者にとって可能かどうかを考慮して、経済的及び技術的に可能な条件のもとで実施できるのはどのオプションかを決定する。オプションは既設か新設かで異なる可能性があることに留意する。長い時間をかけて達成された性能を維持するために、技術の健全な維持及び運用管理の必要性を考慮することが望ましい。

2.1.4 BAT の事例- 石炭燃焼ボイラからの水銀排出抑制技術

前述のガイダンスの石炭燃焼ボイラ(Chapter IV 石炭火力発電プラント及び産業用ボイラの BAT 及び BEP に関わるガイダンス)に着目する。この章では、主として文献に基づいて、水銀排出抑制に用いられている様々な技術についてコストを含めた情報が提供されている。ガイダンスの Chapter IV 第 3 節(ガイダンス冊子^(10 bis)では第 3～5 節)で 4 つの水銀排出技術について個別に議論し、最終的に第 5 節(同ガイダンス冊子では第 7 節)で 4 つのタイプの BAT としてまとめられている。そこで示されている水銀排出抑制技術の概要は以下の表 5 とおりである。これらの技術の大部分は欧米や日本ではすでになじみのあるものである。後述する IED の BREFs(BAT 参照文書)では、BAT 及び BAT - AELs(BAT - associated emission levels BAT をベースとした排出基準値)が示されるが、水俣条約の BAT ガイダンスにはこうした BAT によって達成可能な排出抑制と排出基準値との結びつきの詳細は明示されていない。

表 5 水銀排出抑制技術の概要

タイプ 1	石炭中の水銀量の低減：洗炭、選炭、混炭など。この手段自体は BAT ではないが組合わせて削減効果に寄与。
タイプ 2	燃焼中の水銀低減技術：流動床燃焼(微粉炭燃焼に比べ粒子状水銀発生量が多いため下流側で FF(ファブリックフィルタ)や ESP(電気式集塵器)でのばいじん捕集効率を向上させる。流動床燃焼技術そのものは BAT ではない)
タイプ 3	従来の APCs(Air Pollution Control Systems 大気汚染物質抑制システム)の組合わせによる複合的便益効果：通常設置されている PM(粒子状物質)除去(ESP、FF、あるいは両者の組合わせ)、SO ₂ 除去(湿式あるいは乾式 FGD(脱硫装置)、あるいは NO _x 除去(SCR 選択的触媒脱硝装置)を組合わせると相乗効果により水銀排出抑制効果。この 3 つの組合わせ (ESP、SCR、FGD) の場合排ガス中の水銀除去率 74%、排ガス中濃度 0.0012mgHg/Nm ³ 達成の事例がある。
タイプ 4	水銀排出抑制に特化した技術：活性炭素注入技術。米国で活性炭素注入+FF で、水銀除去率 85-95%、排ガス中濃度<1 μg/Nm ³ 達成の事例がある。

3. EU IED(Industrial Emissions Directive 産業排出指令) ⁽⁴⁾における BAT

3.1 IED の概略

EUは1996年IPPC指令(Integrated Pollution Prevention Control Directive 統合的汚染防止抑制指令)以降、大気、水及び土壌環境保全のために、産業排出物の防止及び抑制のためにBAT ベースの政策(産業施設に利用可能な最良技術を適用することで可能な限り汚染物質の排出削減を達成する政策)を実施している。その一般的な枠組みがIEDであり、産業施設について環境汚染を総体(大気、水及び土壌)として回避するための環境性能を総体として考慮し、操業する許可を与えることが規定されている。廃棄物処理、エネルギー効率、及び事故防止も環境性能を達成するために必要な許可条件に含まれている。

3.1.1 目的

IED は 5 つの原則((a)統合的アプローチ、(b)BAT、(c)柔軟性、(d)査察、(e)公衆参加)からなっている⁽¹²⁾。その目的は、広範囲の産業活動(エネルギー産業、金属製造および加工業、鉱業、化学工業、廃棄物管理業、その他産業 (動植物からの食品生産業やミルク処理・加工業、貯留のための二酸化炭素の回収などを含む))にかかわる環境汚染の防止・抑制である。IED は総体として環境保護を高度に達成するために大気、水及び土壌への排出防止・抑制及び廃棄物の発生防止を行うように設計されている。5 つの原則の概要を以下に示す。

- (a) **統合的アプローチ**：操業許可をするためにプラントの環境性能を総合的に考慮することで、大気、水及び土壌への排出、廃棄物発生、原料使用、エネルギー効率、騒音、事故防止、及び閉鎖時のサイト閉鎖までを考慮することである。
- (b) **BAT**：排出基準を含め、許可の条件は、BAT に基づいていなければならない。BAT 及び BAT の環境性能は **Seville プロセス**(欧州委員会が組織し、IPPC 事務局が調整して実施するメンバー国、産業界及び環境団体の専門家組織による情報交換プロセス)で決める。Seville プロセスの成果物が BREFs(Best Available Techniques(BAT) Reference Documents BAT 参

照文書)である。BREFs における BREF Conclusions(BAT の結論)は「Implementing Decision (実施決定)」として欧州委員会が採択する。IED は BAT の結論が排出基準設定の参照(基準)であることを規定している。

- (c) **柔軟性** : 許認可当局に柔軟性ある排出基準の設定を許容している。これは BAT 結論が示す BAT による排出基準が環境の便益を超えて高コストになる場合に限られている。
- (d) **査察** : 環境査察システムを設置することであり、IED は、リスクベースの評価基準を用いて少なくとも 1~3 年に 1 回の査察をすることを要求している。
- (e) **公衆の参加の権利** : IED は公衆が意思決定プロセスに参加し、かつその結果の報知されるべき権利を保障している。

3.1.2 対象産業(IED 附属書 I)

対象とする産業は前述のように広範囲にわたっているが、IED は、燃焼プラント(第三章)、廃棄物燃焼プラント及び廃棄物混焼プラント(第四章)、有機溶剤を使用する施設及び活動(第五章)及び酸化チタン生産施設(第六章)については個々に独立した章を設け詳述な規定がなされている。

3.1.3 対象汚染物質の種類と排出基準 (IED 附属書 II)

対象汚染物質は IED 附属書 II(汚染物質のリスト)にリスト化され、メンバー国はそれぞれの国内法を策定する場合には IED 第 14 条第 1 項(a)に基づき、附属書 II の汚染物質の排出基準を定めなければならない。これは大気、水及び土壌への排出すべてに関わる基準である。対象汚染物質の種類の詳細はここでは割愛するが、本編の対象としている石炭火力から大気排出される水銀はその一つであり、大気に関する汚染物質の項目の中で「附属書 II 5.金属およびその化合物」に含まれる。ここに「水銀」の名称は示されていないが、IED の燃焼プラントに関する BREF⁽¹³⁾の中で水銀の排出抑制技術が記述され、水銀が規制対象物質であることを示している。

3.2 IED における BAT の法的位置づけ

3.2.1 BAT の定義

BAT は IED の中で以下のように定義されている(IED 第 3 条(10)(a)~(c))。以下は仮訳である。「BAT」とは活動及び操業方法の開発において最も効果的かつ進歩的かつ発展した段階にあるものである。この示すことは、特定の技術が、排出及びその環境へのインパクトを総体として防止し、防止できない場合は、低減するために設計される排出限界値及び他の許可条件のベースを提供するうえで、実用的にかなっているということである。

- (a) 「技術」は用いられる技術及び設備が設計、建設、運転及び廃止される方法を含む。
- (b) 「入手可能な技術」とは、操業者が適正にアクセスできるなら、コスト及び利点、当の技術がメンバー国内で使われているか及び生産されているか、を考慮して関連する産業部門で、経済的及び技術的に実行可能な条件のもとで、実施が許容できるような規模で開発されている技術のことである。
- (c) 「最良」とは、環境を総体として全般的に高度の保護を達成するのに最も効果的であることである。

3.2.2 BAT の要件 (IED 附属書Ⅲ)

BAT の要件として以下に示す 12 の評価基準が設定されている。

- (i) 廃棄物が少ない技術の使用
- (ii) より有害物質の少ない技術の使用
- (iii) プロセスで発生及び使用する物質、必要なら廃棄物のさらなる回収と再利用
- (iv) 産業規模で成功裏に試みられているものと同等のプロセス、施設または操作方法
- (v) 科学的知識及び理解における技術的進歩と変化
- (vi) 対象とする排出の特性、影響及び体積
- (vii) 新規あるいは既存設備の運転開始期日
- (viii) BAT を導入するのに必要な期間
- (ix) プロセスで使用される原料(水を含む)の消費と特性及びエネルギー効率
- (x) 排出の環境への全体的影響及び環境へのリスクを防止あるいは最小化する必要性
- (xi) 事故防止及びその環境影響を最小化する必要性
- (xii) 公共の国際機関から刊行されている情報

IED では(xii) 番目の評価基準「公共の国際機関から刊行されている情報(information published by public international organisations)」が、UNECE の重金属議定書における定義では「(xii) 国家及び国際機関から刊行されている情報(Information published by national and international organizations)」であり、わずかな言葉の違いがあるが、他の 11 項目は一言一句同じであり、BAT に関する評価基準は IED と重金属議定書では同じであるとみなせる。

3.2.3 BATの決定方法

IED では BAT を決定する手続き(情報交換のためのフォーラムの規則、情報収集のワークプログラム、データ収集のガイダンス、BREFs 作成及び内容・形式の適合性を含む品質保証)を規定している(第 13 条第 3 項(d))。EIPPCB(European IPPC (Industrial Pollution Prevention and Control) Bureau 欧州 IPPC 事務局)が BAT に関する情報交換会(構成: 欧州委員会、メンバー国、関連産業、環境保全を推進する非政府機関)を組織し、BREFs 作成にかかわる一連のプロセス(Seville Process)が運営される。重要なのは BREFs の作成であり、そのため詳細を規定するガイダンス文書が作成されている⁽¹⁴⁾。このガイダンスに従うプロセスを通して BAT が決定され、その成果物が BREFs(BAT reference documents)である。BREFs には BAT 及び BAT - AELs (BAT - associated emissions levels BAT ベースの大気排出限界値)が記述されている。BAT - AELs あるいは「emission levels associated with the best available techniques」とは BAT あるいは BAT の組み合わせ技術の定常運転下で得られた排出レベルの範囲であり、特定の参照条件下、一定の基準時間における平均値で表したもの(第 3 条の(13))と定義されており、BREFs のまとめである BAT の結論の中に整理されている。

3.2.4 BREFs と BAT の結論

BREFs 及び BAT の結論 が含むべき内容項目概略を以下の表 6 に示す。BREFs 及び BAT の結論の内容項目はそれぞれ IED 第 3 条第(11)項及び(12)項に規定され、ガイダンス⁽¹⁴⁾にはより詳細に記述されているが、表 6 に示すようなほぼ同じ内容が要求されている。

表 6 BREFs 及び BAT の結論の内容項目概略 (IED 第 3 条第(11)項より作成)

BREFs の内容概略(第 3 条第(11)項)	BAT の結論の内容概略(第 3 条第(12)項)
i 対象産業の一般的情報 ii 適用されるプロセス及び技術 iii 現在の消費及び排出レベル iv BAT を決めるために考えられる技術 v BAT の結論(BAT Conclusions) vi 新技術 vii まとめと将来課題 viii 用語集 加えて IED 附属書Ⅲに記載する評価条件を考慮する	i 技術の記述 ii 適用へのアクセス情報 iii BAT ベースの排出基準 iv 関連するモニタリング v 関連する消費レベル vi 関連するサイト修復方策(必要に応じ)

BREFsはEIPPCB(欧州IPPC事務局)の BREF website⁽¹⁵⁾で公開されている。BREFsに含まれる「BATの結論(BAT Conclusions)」はIEDにおいて極めて重要な役割を担っている。「BATの適用」は、産業施設にとって法的義務であり、その操業許可を与える側にとっても重要である。第 11条(操業者の基本的義務を司る一般的原则)に8つの原則の一つとしてBATの適用の義務が規定されている(第11条(b)。同時にBATの適用は、操業の許可要件の一つである(第14条(許可条件)第1項)。すなわち、当局側は操業者側に許可を与える条件として「BATの適用」がなされているかを確認する義務がある。許可条件設定の参照(基準)を与えるのが「BAT の結論」である(第14条第3項)。

BAT の結論は単独に法的手続きを経て採決(第 13 条第 5 項)ののち、Commission Implementing Decisions(委員会の実施決定)として EU 官報で公開される。BAT の結論には BAT-AELs が記述される。当局は排出限界値(emission limit values)を設定することが必要であるが、BAT の結論の決定において示された BAT - AELs を超えてはならないことが規定されている(15 条第 3 項)。

3.2.5 燃焼プラントの水銀排出抑制に関する BAT の例

IED 第 3 章規定にかかわる燃焼プラントに関する BREF は全 986 ページからなり、既述の EIPPCB の公式ホームページで 2017 年に公開され⁽¹³⁾、BAT の結論も公開されている⁽¹⁶⁾。

石炭燃焼に関わる水銀排出抑制技術はこの BREF 第 5 章の中で、5.1.3.4.2 (General techniques for the prevention and control of mercury emissions)及び 5.1.3.4.3 (Specific techniques for the prevention and control of mercury emissions)の 2 つの節で記述されている。

前者には排煙脱硫技術、排煙脱硝技術あるいは集塵技術(バグフィルター、電気式集塵器)が紹介され、これらは本来の目的が水銀排出削減ではないが、副次的に相当の水銀排出削減が可能な技術であり、コベネフィット (相乗便益効果) 技術と呼ばれている。後者には、本来的に水銀排出削減を目的とした技術が記述されている: 燃料の前処理技術(洗炭、混炭/転換、添加剤); 炭素吸着剤注入(活性炭注入); ハロゲン化添加剤使用(艇例 臭素添加)、その他ガス状水銀防止・削減技術(元素状水銀参加のための SCR 触媒最適化; 湿式 FGD へ活性炭添加、FGD への有機または無機硫化物添加、FGD へ臭素のような強いリガンド添加、排脱排水中金属成分から元素状水銀分離)。

その結果は、表 7 に示すように、10.2(BAT の結論)の節の 10.2.1.6 (大気への水銀排出)に BAT

の技術概要とともに、新設及び既設のプラントに対する BAT・AELs としてまとめられている。これは前述のように燃焼プラントに関する BAT の結論⁽¹⁶⁾の一部であり、法的拘束力を持っている。

表 7 水銀の大気排出に関わる BAT の結論

Combustion plant total rated thermal input (MWth)	BAT-AELs (µg/Nm ³)			
	Yearly average or average of samples obtained during one year			
	New plant		Existing plant (1)	
	coal	lignite	coal	lignite
< 300	< 1-3	< 1-5	< 1-9	< 1-10
≥ 300	< 1-2	< 1-4	< 1-4	< 1-7
(1) The lower end of the BAT-AEL range can be achieved with specific mercury abatement techniques				

4. USEPA CAA(大気浄化法)における BAT

USEPA(米国環境保護庁)において、前述の BAT とみなせる技術として主要なものをあげると「RACT(Reasonably Available Control Technology)」、「BACT(Best Available Control Technology)」、「LAER(Lowest Achievable Emission Rate)」、「MACT(Maximally Achievable Control Technology)」と呼称される技術がある。RACT は国家大気質基準を満たしていない地域(未達成地域)で既設排出源に要求される技術、BACT は清浄地域(達成地域)で新設あるいは変更した主要な排出源に要求される技術、LAER は未達成地域で新設あるいは変更した主要な排出源に要求される技術である⁽¹⁷⁾。MACT は有害大気汚染物質の主要な排出源に対して排出基準設定の際に用いられた技術のことである⁽¹⁸⁾。これらの技術は Clean Air Act(CAA 大気浄化法)⁽¹⁹⁾の下で実施されている様々な規制プログラムで用いられている用語である。

本稿での対象物質である水銀は USEPA の CAA では HAP(Hazardous Air Pollutants 有害大気汚染物質)としてリスト化されているので、ここでは MACT に着目する。

なお本文中で CAA の引用条項は U.S.C.(米連邦法典)コードの番号ではなく CAA コードを用いた。すなわち、以下で着目する条項は、大気浄化法における有害大気汚染物質に関するものであり、U.S.C.コードで § 7412 であるが、CAA コードでセクション 112 として示した。

4.1 CAA セクション 112 HAP(Hazardous Air Pollutants)

水銀は USEPA の CAA セクション 112 の HAP リストに掲げられている物質である (セクション 112(b))。CAA 及びセクション 112 の構成及び内容については武蔵野大学環境研究所紀要 (2018)⁽²⁰⁾に記述したので本稿では省略する。

CAA は 1990 年に大幅な改正がなされ、セクション 112 には新たに 4 つの内容が加えられた。そのうちの 2 つが MACT(Maximum Achievable Control Technology)に関連している。それは USEPA に以下を実施することを要求する規定である。

- 排出基準を設定すること(112(d)(1))。最大達成抑制技術 (MACT)ベースの排出基準を設定すること(112(d)(3))
- MACT による排出基準の導入後、リスクアセスメントを行ない、残留リスク低減のために追加措置の必要性を検討すること(112(f)(1)(A),(B),(C),(D))

すなわち、MACT は排出基準設定のベースを決める技術のことであり、HAP 排出削減のための主要な手段である。

CAA セクション 112 の基づく規制が「40 CFR Part 63 - NATIONAL EMISSION STANDARDS FOR HAZARDOUS AIR POLLUTANTS FOR SOURCE CATEGORIES ⁽²¹⁾」であり、区分された排出源ごとにそれぞれ固有の HAP の排出基準が定められている。

4.1.1 対象物質

当初リスト化された HAP は 189 種類(セクション 112(b))であったが、のちにカプロラクタム (caproractam)及びメチルエチルケトン(methyl ethylketon)が除外され、現在は 187 種類の HAP が対象となっている ⁽²²⁾。

4.1.2 対象排出源

USEPA は対象排出源を「主要排出源」及び「地域排出源」とし、それらを上位区分及び下位区分に分類したリストを作成し(セクション 112 (c)(1))、これに基づき規制を行うこととした(セクション 112 (c)(2))。主要排出源とは固定排出源あるいは固定発生源群であり、単一種類の HAP を年間 10 トン以上あるいは複数の種類の HAP を総量として年間 25 トン以上の排出あるいは排出可能な排出源である(セクション 112 (a)(1))。また、固定排出源とはいかなる種類であれ建物、構造物、施設あるいは装置で大気汚染物質を排出するものをいう(セクション 111(a)(3))。化学プラント、精錬所、ボイラー及び火力発電所などが対象となる。地域排出源とは主要排出源ではない固定排出源であり、自動車などは含まれない(セクション 112(a)(2))。

MACT が適用されるのは主要排出源の HAP である。地域排出源の排出削減は GACT(Generally Achievable Control Technology) (112(d)(5))が適用されるが本稿では触れない。本稿では石炭火力発電所から排出される水銀に着目するので以下では主要排出源のみに注目する。

4.1.3 MACT の定義及び決定方法(セクション 112(d))

[最大限の削減達成が可能な排出基準 (セクション 112(d) (2))]

USEPA は、排出源ごとに区分された既設及び新設排出源からの HAP 排出削減のために排出基準を設定することが必要であり、排出基準には HAP の削減が最大限の削減(maximum degree of reduction)達成可能であることが反映されなくてはならない。なお、最大限度の削減達成は、排出防止(prohibition)すなわち排出ゼロも排除されない。

排出基準の決定には排出削減の達成に要するコスト、大気質基準のない場合の(non - air quality)健康と環境影響、及びエネルギー所要量を考慮するとしている。

また、排出基準達成のための排出削減手段には以下の(A)～(E)に示すように柔軟性がある。しかも、以下を含む手段、プロセス、方法、システムあるいは技術の適用によるが、これに限定されないとあり、柔軟性はさらに広範囲である。

- (A) プロセス変換、原料転換あるいは他の変更により汚染物質の体積を低減あるいは排出防止
- (B) システムまたはプロセスを閉鎖し、排出を防止
- (C) 排出源のプロセス、煙突、貯蔵あるいは漏洩により排出される汚染物質の回収または処理
- (D) セクション 112(h)で提供するような設計、設備、作業実施法、あるいは操作基準
- (E) (A)～(D)の組合わせ

このように HAP の排出基準は、HAP の最大限の削減(maximum degree of reduction)達成が要求され、MACT に基づいて設定されるため、MACT 基準と呼ばれている。どのような排出削減の方法を用いるかは柔軟性がある。MACT とは特定の定められた技術を示すものではなく、排出基準設定の際に用いられた技術が MACT である。

[MACT 基準の決定方法(セクション 112 (3))]

・**既設の場合**：既設に関する排出基準に対する要求は、排出源区分に属する施設数が 30 個所以上のとき、削減レベルに順位付けをして、最良の性能を示す上位 12%の施設で達成された排出限度の平均値(average emission limitation)より緩くてはならない。これ以上であればよいとされている。また、施設数が 30 個所に満たない場合は最良の性能を示す適切な情報がある上位 5 個所の施設の排出限度の平均値とするとされている。

このように MACT 基準は、ある同じ排出源区分に属する施設から排出される対象汚染物質の最も低い排出レベルをベースにして決められ、このベースを MACT フロアと呼ぶ。

・**新設の場合**：新設の MACT フロアは、同様な排出源の中で実際に達成されているベストなレベルより緩くてはならないとされている。

既設の場合の MACT 基準は上位 12%の“average emission limitation”のレベル以上であるが、新設の場合は“emission control that is achieved in practice by the best-controlled similar source”と実際達成されているベストなレベル以上との違いがある。

MACT 基準の設定は概略以下に示す 2 つのプロセスからなる⁽²³⁾。

- (1) 現在達成されている排出レベルをベースに「MACT フロア」を設定する。コストは考慮されないことがある。
- (2) 妥当と考えられれば「MACT フロアより厳しい (beyond the floor)」規制が可能である。
このときにはコスト及び他の課題を考慮しなくてはならない。

MACT 基準の設定に関する詳細な手順(データ収集や MACT 解析の方法論など)は法的に規定されてないが、石炭火力発電所及び石油燃焼火力発電に関わる HAP の MACT フロア解析のように方法の詳細が公開されている場合もある⁽²⁴⁾。これは火力発電に関わる水銀を含む HAP に関わる MACT フロア解析(基準設定)に関する報告である。2010 年に米国内の発電事業者に対して「HAP の国家排出基準に関わる ICR(Information Collection Request)」に基づき収集されたデータ(ICR データセット)に基づき、異常値検定を含む統計解析を行い、水銀を含む多くの HAP に関する MACT フロアを計算を行ったプロセスをまとめている。

MACT 基準は、あらかじめ特定の技術を処方するものではないが、USEPA は石炭火力発電所からの水銀排出に関わる MACT 基準の設定に関わった技術として、SCR(触媒脱硝)と FGD(脱硫)との組合せ、ACI(活性炭吹込み)、及び ACI と FF(ファブリックフィルタ)または ESP(電気集塵機)との組合せを挙げている⁽²³⁾。また、吸着剤注入技術の現状をまとめた議会報告やその他の技術情報の提供も行われている^{(25), (26)}。

4.2 石炭火力発電所からの水銀排出に関わる MACT の例

USEPA は CAA セクション 112(n)(1)(A)のもとに、石炭火力発電所に関する水銀の排出の規制を行い、これは CFR(連邦規則集)の Title 40. Protection of Environment に、40 CFR Part 63 Subpart UUUUUU として公開されている⁽²⁷⁾。この規制で石炭火力発電所から排出される水銀

MACT に基づく基準が定められている。MACT 基準は、既設あるいは新設、石炭の種類や発電プラントの燃焼方式などの区分で異なるが、微粉炭火力発電に関する結果を抜粋して表 8 に示す。

表 8 微粉炭火力発電に関する水銀の MACT 基準(抜粋⁽²⁷⁾)

新設/設備変更	低品位バージンコールでないもの	3.0E-3 lb/GWh
	低品位バージンコール	4.0E-2 lb/GWh
既設	低品位バージンコールでないもの	1.2E0 lb/TBtu or 1.3E-2 lb/GWh
	低品位バージンコール	4.0E0 lb/TBtu or 4.0E-2 lb/GWh

(注)「低品位バージンコール：発熱量<19,305 kJ/kg (8,300 Btu/lb)；低品位バージンコールでないもの：発熱量≥19,305 kJ/kg (8,300 Btu/lb)」と定義 (40 CFR § 63.10042)。

既設の排出基準は 2 通り設定され、熱入力基準(lb/TBtu)及び発電量出力基準(lb/GWh)(発電炭)である。一方、新設は発電量出力基準のみであり、既設と同等かそれ以上に厳しくなっている。

5. まとめ

水俣条約では産業施設への「BAT の適用」が大気への水銀排出削減の柱となっていることから、すでに「BAT の適用」が法的義務になっている EU(IED)及び米国(CAA)について、BAT の法的位置づけをまとめた。結果は表 9 にまとめた。

- ・水俣条約(第 8 条)において既設では BAT の適用はその選択の一つであるが、新設では法的義務である。別途 BAT 二関するガイダンスが作成され、技術情報が提供されている。
- ・IED において BAT の要件、BAT の評価基準、BAT の情報交換の手続きを含め BAT の決定方法も法的義務に従って決められる。その成果は BREFs として公開される。BREFs の記述の一部である BAT の結論は単独で Commission Implementing Decisions として採択・公開され、排出基準設定の根拠となり、法的拘束力がある。
- ・CAA でリスト化された HAP の排出基準は、HAP の最大限の削減達成が要求され、MACT に基づいて設定されるため、MACT 基準と呼ばれている。どのような排出削減の方法を用いるかは柔軟性がある。MACT とは特定の定められた技術を示すものではなく、排出基準設定の際に用いられた技術が MACT である。

表 9 米国及び EU における BAT の法規制における位置づけ

	米国	欧州連合
BAT を規定する法(大気汚染に着目)	大気浄化法(CAA Clean Air Act)	産業排出指令(IED) (大気汚染以外にも含む)
主に用いられる BAT の用語	BACT(Best Available Control Technology), RACT(Reasonably Available Control Technology), MACT(Maximum Achievable Control Technology), その他	BAT (Best Available Techniques)
BAT が適用される産業排出源	CAA セクション 112 でリスト化された産業排出源	IED の附属書 I にリスト化された産業排出源
BAT を公式に紹介または示す書類	特になし	BREFs 及び BAT conclusions。 BREFs は欧州委員会により刊行され、BAT conclusions は欧州連合官報で委員会実施決定として法的手続きを経て採択され、刊行される。
BAT 及び関連する排出基準の法的位	技術ベースの排出基準(MACT 基準)は法的拘束力を持つ(連邦官報で記録・公表);	BAT・AELs(BAT ベースの大気排出限界値) は法的拘束力を持つ(Commission

置づけ	排出基準設定に用いられた技術(MACT)は法的拘束力を持たない。	Implementing Decision として採択)。BAT 自身は法的拘束力を持たない。
BAT を決める標準化された方法	法には規定されていない。	法に規定あり。Seville プロセスとして知られ IED で定義されている。
BAT が適用される産業排出源	CAA セクション 112 でリスト化された産業排出源	IED の附属書 I にリスト化された産業排出源

参考文献

- (1) UNEP at: <http://mercuryconvention.org/> (as of October 2019)
- (2) UNECE The 1998 Aarhus Protocol on Heavy Metals at: https://www.unece.org/env/lrtap/hm_h1.html (as of October 2019)
- (3) UNECE (2013) ECE/EB.Air/116, 24 July 2013 Guidance document on best available techniques for controlling emissions of heavy metals and their compounds from the source categories listed in annex II to the Protocol on Heavy Metals
- (4) EU(2010) OJ L 334.17.12.2010 : DIRECTIVE 2010/75/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control)
- (5) 中環審第 825 号 平成 27 年 1 月 23 日 水銀に関する水俣条約を踏まえた大気排出対策について(答申) 別添(p.4-p.7)
- (6) 環境影響評価法の規定による主務大臣が定めるべき指針等に関する基本事項(環境庁告示第 87 号)
- (7) “実行可能なより良い技術”の検討による評価手法の手引き—環境影響評価における評価手法の考え方— at: http://assess.env.go.jp/files/0_db/seika/0053_01/2.html (as of October 2019)
- (8) 環境省+経産省: 東京電力の火力電源入札に関する関係局長級会議取りまとめ 平成 25 年 4 月 25 日 経済産業省・環境省 at: <http://www.env.go.jp/press/files/jp/104666.pdf> (as of October 2019)
- (9) OECD(2017) REPORT ON OECD PROJECT ON BEST AVAILABLE TECHNIQUES FOR PREVENTING AND CONTROLLING INDUSTRIAL CHEMICAL POLLUTION ACTIVITY I: POLICIES ON BAT OR SIMILAR CONCEPTS ACROSS THE WORLD ENV/JM/MONO(2017)12 OECD Environment, Health and Safety Publications Series on Risk Management No. 40 (p.78)
- (10) UNEP(2017) UNEP/MC/COP.1/7, Distr.: General 12 April 2017 Guidance in relation to mercury emissions (article 8) referred to in paragraphs 8 (a) and 8 (b)
- (10 bis) UNEP(2019) Guidance on best available techniques and best environmental practices Coal-fired power plants and coal-fired industrial boilers (2019 January), at: http://mercuryconvention.org/Portals/11/documents/publications/BAT_BEP_E_interractif.pdf (as of October 2019)
- (11) 環境省 水俣条約(日本語訳) at: <http://www.env.go.jp/council/05hoken/y0512-08b/ref04.pdf> (as of October 2019)
- (12) EU: The Industrial Emissions Directive at: <https://ec.europa.eu/environment/industry/stationary/ied/legislation.htm> (as of October 2019)

- (13) EU(2017) Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Large Combustion Plants at: <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/> (as of October 2019)
- (14) EU(2012) OJ L 63.2.3.2012: 2012/119/EU: COMMISSION IMPLEMENTING DECISION of 10 February 2012 laying down rules concerning guidance on the collection of data and on the drawing up of BAT reference documents and on their quality assurance referred to in Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council on industrial emissions
- (15) EU EIPPCB at: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/> (as of October 2019)
- (16) OJ L212.17.8.2017: L 212/1 DECISIONS COMMISSION IMPLEMENTING DECISION (EU) 2017/1442 of 31 July 2017 establishing best available techniques (BAT) conclusions, under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council, for large combustion plants
- (17) USEPA Technology Transfer Network Clean Air Technology Center - RACT/BACT/LAER Clearinghouse at: <https://www3.epa.gov/ttn/catc1/rblc/htm/rbxplain.html> (as of October 2019)
- (18) USEPA National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants (NESHAP) at: <https://www.epa.gov/stationary-sources-air-pollution/national-emission-standards-hazardous-air-pollutants-neshap-9>
- (19) USEPA Clean Air Act Overview at: <https://www.epa.gov/clean-air-act-overview/clean-air-act-text> (as of October 2019)
- (20) 武蔵野大学紀要環境研究所紀要 No.7、2018、p.25-40
- (21) USEPA National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants (NESHAP) at: <https://www.epa.gov/stationary-sources-air-pollution/national-emission-standards-hazardous-air-pollutants-neshap-9> (as of October 2019)
- (22) USEPA Initial List of Hazardous Air Pollutants with Modifications at: <https://www.epa.gov/haps/initial-list-hazardous-air-pollutants-modifications> (as of October 2019)
- (23) USEPA Mercury and Air Toxics Standards at: <https://www.epa.gov/mats/cleaner-power-plants> (as of October 2019)
- (24) [RTI memorandum, (December 16, 2011), Subject: National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants (NESHAP) Maximum Achievable Control Technology (MACT) Floor Analysis for Coal- and Oil-fired Electric Utility Steam Generating Units for Final Rule From: Jeffrey Cole (RTI International) To From: Bill Maxwell] at: https://www3.epa.gov/airtoxics/utility/a1_egu_mact_floor_memo_121611.pdf, (as of October 2019)
- (25) US GAO(United States Government Accountability Office)(2009), Report to the Chairman, Subcommittee on Clean Air and Nuclear Safety, Committee on Environment and Public Works, U.S. Senate, CLEAN AIR ACT Mercury Control Technologies at Coal-Fired Power Plants Have Achieved Substantial Emissions Reductions, GAO-10-47, October 2009
- (26) US EPA (2006) Control of Mercury Emissions from Coal-fired Electric Utility Boilers:

Environmental Science and Technology; Ravi K Srivastava, Nick Hutson, Blair Martin and Franck Princiotta, US EPA National Risk Management Research Laboratory; James Staudt, Andover Technology Partners; March 1st 2006

(27) 40 CFR Part 63 Subpart UUUUU - National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants: Coal- and Oil-Fired Electric Utility Steam Generating Units (§§ 63.9980 - 63.9985) [77FR 9464, Feb. 16, 2012, as amended at 77FR23402, Apr. 19, 2012; 81FR20180, Apr. 6, 2016]